# 图像分割: 阈值分割

2019年10月30日 20:40

## 简介

阈值分割是一种基于区域的图像分割技术,原理是通过设定不同的特征阈值,把图像像素点分成若干类。阈值分割是一种传统的最常用的图像分割方法,因其实现简单、计算量小、性能稳定而成为图像分割技术中最基本和应用最广泛的分割技术。特别适用于目标和背景占据不同灰度级范围的图像。基于灰度阈值的分割方法,关键是如何合理地选择阈值。

### 原理

### (1) 人工选择法

人工选择法是通过人眼的观察,应用人对图像的认识,在分析图像直方图的基础上, 人工选择出合适的阈值。也可以在人工选出阈值后,根据分割效果,不断地交互操 作,从而选择出最佳的阈值。

#### (2) 迭代式阈值选择法

迭代式阈值选择法的基本思想是:开始时选择一个阈值作为初始估计值,然后按照某种策略不断地改进这一估计值,直到满足给定的准则为止。在迭代过程中,关键之处在于选择什么样的阈值改进策略。好的阈值改进策略应该具备两个特征:一是能够快速收敛,二是在每一个迭代过程中,新产生的阈值优于上一次的阈值。其算法步骤如下:

- a. 选择图像灰度的初值作为初始阈值 $T_0$ 。
- b. 利用阈值 $T_i$ 将图像分割成两个区域—— $R_1$ 和 $R_2$ ,用下式计算区域 $R_1$ 和 $R_2$ 的灰度均值 $\mu_1$ 和 $\mu_2$ :

$$\mu_1 = \frac{\sum_{j=0}^{T_i} j p_j}{\sum_{j=0}^{T_i} p_j} \qquad \qquad \mu_2 = \frac{\sum_{j=T_i}^{L-1} j p_j}{\sum_{j=T_i}^{L-1} p_j}$$

其中, L是图像的灰度总级数, p;是第i个灰度级在图像中出现的次数。

c. 计算出 $\mu_1$ 和 $\mu_2$ 后,用下式计算出新的阈值 $T_{i+1}$ :

$$T_{i+1} = \frac{1}{2} (\mu_1 + \mu_2)$$

d. 重复步骤 $b \sim c$ ,直到 $T_{i+1}$ 和 $T_i$ 的差小于某个给定值。

#### (3) 最大类间方差阈值选择法 (Otsu)

最大类间方差阈值选择法又称为Otus算法,该算法是在灰度直方图的基础上用最小二乘法推理出来的,具有统计意义上的最佳阈值分割。它的基本原理是以最佳阈值将图像的灰度直方图分割为两部分,使两部分之间的方差取得最大值,即分离性最大。设X是一副具有L级灰度级的图像,其中第i级像素为 $n_i$ 个,其中i的值在 $0 \sim L - 1$ 之间,图像的总像素点个数为:

$$N = \sum_{i=0}^{L-1} n_i$$

第*i*级出现的概率为:

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

在Otus算法中,以阈值k将所有的像素分为目标 $C_0$ 和背景 $C_1$ 两类。其中, $C_0$ 类的像素灰度级为 $0\sim k-1$ , $C_1$ 类的像素灰度级为 $k\sim L-1$ 。

图像的总平均灰度级为:

$$\mu = \sum_{i=0}^{L-1} i p_i$$

C<sub>0</sub>类像素所占面积比例为:

$$\omega_0 = \sum_{i=0}^{k-1} p_i$$

 $C_1$ 类像素所占面积比例为:

$$\omega_1 = \sum_{i=k}^{L-1} p_i = 1 - \omega_0$$

 $C_0$ 类像素的平均灰度为:

$$\mu_0 = \mu_0(k)/\omega_0$$

 $C_1$ 类像素的平均灰度为:

$$\mu_1 = \mu_1(k)/\omega_1$$

其中

$$\mu_0(k) = \sum_{\substack{i=0\\ L-1}}^{k-1} i p_i$$

$$\mu_1(k) = \sum_{i=k}^{k-1} i p_i = \mu - \mu_0(k)$$

由上面几个式子可得:

$$\mu = \omega_0 \mu_0 + \omega_1 \mu_1$$

则类间方差公式为:

$$\sigma^{2}(k) = \omega_{0}(\mu_{0} - \mu)^{2} + \omega_{1}(\mu_{1} - \mu)^{2} = \omega_{0}\omega_{1}(\mu_{0} - \mu_{1})^{2}$$

令k从 $0\sim L-1$ 变化取值,计算在不同k之下的类间方差 $\sigma^2(k)$ ,使得 $\sigma^2(k)$ 最大的k值就是所要求的最佳阈值。

## MATLAB代码

```
clc;clear;
I = imread('cameraman.tif');
imshow(I);
%%
%(1)人工选择法
T1 = 78;
[ht, t] = imhist(I);
figure();
stem(t, ht, 'LineStyle', '-', 'Marker', 'none');
xlim([min(t), max(t)]);
hold on;
stem(T1, ht(T1), 'Marker', 'o');
xticks(T1);
hold off;
I1 = I > T1;
figure();imshow(I1);
%%
% (2) 迭代式阈值选择法
[ht, t] = imhist(I);
T2_pre = round(mean([min(t), (max(t))]));
while 1
    u1 = sum(ht(t \leftarrow T2_pre)) * t(t \leftarrow T2_pre)) / sum(ht(t \leftarrow T2_pre));
    u2 = sum(ht(t > T2_pre) .* t(t > T2_pre)) / sum(ht(t > T2_pre));
    T2 = round(mean([u1, u2]));
    if abs(T2 - T2_pre) <= 1
        break;
    end
    T2_pre = T2;
end
I2 = I > T2;
figure();imshow(I2);
%%
% (3) 最大类间方差阈值选择法
%代码实现
[ht, t] = imhist(I);
N = sum(ht);
L = length(ht);
p = ht / N;
sigma2 = zeros([1, L]);
for i = 1:L
    k = t(i);
    omega0 = sum(p(t < k));
    omega1 = sum(p(t >= k));
    if omega0 == 0 || omega1 == 0
        sigma2(i) = 0;
    else
        mu0 = sum(p(t < k) .* t(t < k)) / omega0;
        mu1 = sum(p(t >= k) .* t(t >= k)) / omega1;
        sigma2(i) = omega0 * omega1 * (mu0 - mu1) ^ 2;
        disp([k, omega0, omega1, mu0, mu1, sigma2(i)]);
    end
end
[~, index] = max(sigma2);
T3 = t(index);
I3 = I > T3;
```

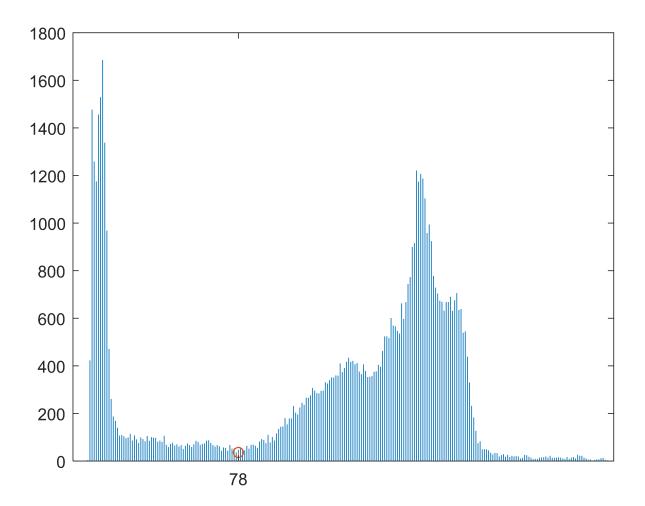
```
figure();imshow(I3);
%graythresh函数实现
T4 = graythresh(I) * 255;
I4 = I > T4;
figure();imshow(I4);
```

# 结果分析

图片用的经典的cameraman



首先是人工选择法,通过观察直方图有两个比较明显的峰,将阈值选为78





迭代式阈值选择法设定条件两次阈值的差小于或等于1,最后得出的阈值为89



最大类间方差阈值选择法中,代码实现得到的令类间方差最大的阈值为89,同迭代式 阈值选择法一样,利用graythresh函数得到的阈值为88,下图为阈值为88时的图像分 割结果

